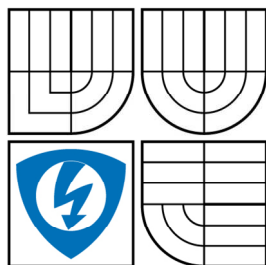


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚRICÍ TECHNIKY



FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

## MĚŘICÍ SYSTÉM S PŘIPOJENÍM NA INTERNET

INTERNET BASED MEASUREMENT SYSTEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

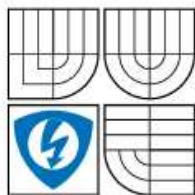
AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

PETR DOBROVOLNÝ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

PROF. ING. FRANTIŠEK ZEZULKA, CSC.

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
Automatizační a měřicí technika

**Student:** Petr Dobrovolný  
**Ročník:** 3

**ID:** 73066  
**Akademický rok:** 2008/2009

**NÁZEV TÉMATU:**

**Měřicí systém s připojením na internet**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhnete a realizujete software pro malý měřicí systém tak aby plnil funkci měřicího modulu jako WEB serveru s implementací měřených dat do html stránky, generované modulem. Pro vývoj SW použijte systém A studio (ATMEL) a programovací jazyk C.

Navržený SW musí umožnit uložení HTML stránky do paměti Data Flash přímo v modulu a její aktualizaci bude provádět přes WEB rozhraní.

Musí zajistit prezentaci naměřených dat a jejich umístění v HTML stránce pomocí speciálních tagů v kódu html.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] Dobrovolný P.: Bakalářská semestrální práce. UAMT FEKT, Brno 2008
- [2] dle pokynů vedoucího práce

**Termín zadání:** 9.2.2009

**Termín odevzdání:** 1.6.2009

**Vedoucí práce:** prof. Ing. František Zezulka, CSc.

prof. Ing. Pavel Jura, CSc.  
Předseda oborové rady

## UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

## **ABSTRAKT**

Práce se zabývá měřením a distribucí dat pomocí mikrokontroléru ATmega64. Připojení měřicího systému do komunikační sítě je pomocí Ethernetového řadiče ENC28J60. Pro přenos dat k uživateli jsou využity komunikační protokoly TCP/IP. Zobrazování dat je řešeno protokolem HTTP pomocí kódu HTML. Pro přístup k datům se využívají webové prohlížeče. Vkládání webové stránky je možno doplnit aktuálními analogovými a digitálními hodnotami pomocí tagů vytvořených pro tento měřicí systém.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

HTML, WEB server, ATMEL, jazyk C, měřicí modul

## **ABSTRACT**

The work is deal with the measuration and distribution of data using microcontroller ATmega64. The measuring system connect is done by Ethernet controller ENC28J60 in communication networks. Communication protocols TCP / IP are taken advantage of transfer data to user. Data view is dealt with the HTTP protocol through the use of HTML code. Web browser are used for disclosure of information. Web page uploading can be replenish with current analogue and digital values using the tags created for this measuring system.

## **KEYWORDS**

HTML, WEB server, ATMEL, programming language C, measurement system

## **Bibliografická citace**

DOBROVOLNÝ, P. Měřicí systém s připojením na internet . Brno:  
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a  
komunikačních technologií, 2009. 53 s. Vedoucí bakalářské práce prof.  
Ing. František Zezulka, CSc.

## **Prohlášení**

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Měřicí systém s připojením na internet jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne: **1. června 2009**

.....  
podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Prof. Ing. Františku Zezulkovi , CSc. a konzultujícímu Ing. Josefu Pazderkovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne: **1. června 2009**

.....  
podpis autora

## **OBSAH**

<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>2. ETHERNET.....</b>	<b>12</b>
<b>3. NÁVRH MĚŘICÍHO MODULU: .....</b>	<b>13</b>
3.1 Mikrokontrolér ATmega64 .....	13
3.1.1 Základní charakteristika ATmega64: .....	13
3.1.2 Zapojení ATmega64:.....	14
3.1.3 Analogové vstupy: .....	14
3.1.4 Nastavení A/D převodníku: .....	16
3.1.5 Sériová sběrnice SPI: .....	21
3.2 Ethernetový řadič ENC28J60 : .....	25
3.2.1 Zapojení ENC28J60: .....	27
3.2.2 Práce s ENC28J60: .....	28
3.3 Paměť AT45DB041: .....	28
3.4 Modul reálného času DS1302: .....	29
3.4.1 Příkazový byte: .....	29
<b>4. PŘENOS DAT PO INTERNETU .....</b>	<b>31</b>
4.1 Aplikační vrstva: .....	31
4.2 Transportní vrstva: .....	31
4.3 Síťová vrstva: .....	32
4.4 Vrstva síťového rozhraní: .....	33
4.5 Programové vybavení pro komunikaci: .....	34
4.6 http protokol:.....	34
<b>5. VKLÁDÁNÍ WEBOVÉ STRÁNKY: .....</b>	<b>36</b>
5.1 Vkládání speciálních tagů: .....	38
5.2 Celkový přehled dění na branách měřicího systému .....	39
<b>6. NASTAVENÍ ČASU V DS1302.....</b>	<b>40</b>
<b>7. UKLÁDÁNÍ DAT DO DATAFLASH.....</b>	<b>42</b>
<b>8. ZÁVĚR .....</b>	<b>43</b>
<b>9. LITERATURA .....</b>	<b>45</b>
<b>10. SEZNAM ZKRATEK .....</b>	<b>47</b>

<b>11. SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>5</b>
<b>12. PŘÍLOHY .....</b>	<b>6</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Blokové zapojení měřicího systému.....	10
Obrázek 2: Zapojení konektoru RJ-45 .....	12
Obrázek 3: Zapojení mikrokontroléru ATmega64 .....	15
Obrázek 4: Princip zapojení zařízení pomocí rozhraní SPI [8].....	22
Obrázek 5: blokové schéma a zapojení ENC28J60 [6].....	26
Obrázek 6: Zapojení ENC28J60 v měřicím systému .....	27
Obrázek 7: Zapojení DS1302.....	30
Obrázek 8: Brána analogových vstupních kanálů .....	38
Obrázek 9: Vstupní brána digitálních dat.....	39



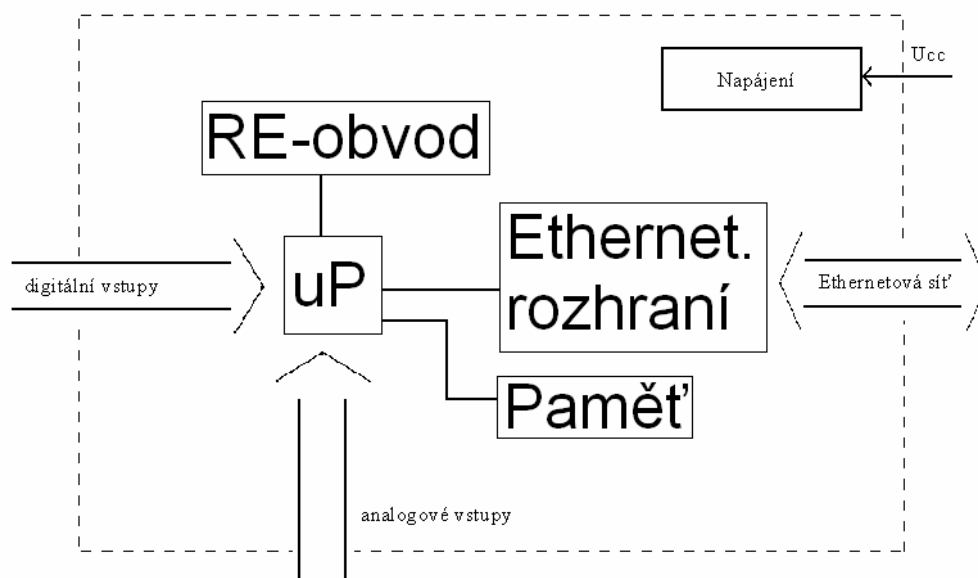
## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 : registr ADMUX: Multiplex A/D převodník .....	16
Tabulka 2 :seznaam referenčních zdrojů a hodnoty jejich nastavení [7] .....	16
Tabulka 3 : registr řízení a stavů A/D převodníku [7] .....	17
Tabulka 4 : bity ADPS2-0 registru ADCSRA: hodnota před-děličky [7] .....	19
Tabulka 5: registr ADCSRB [7].....	19
Tabulka 6: Registr SPCR pro ovládání SPI [7].....	22
Tabulka 7 : Dělicí poměru frekvence oscilátoru pro SCK komunikace SPI [7].....	24
Tabulka 8: registr SPSR [7] .....	24
Tabulka 9: registr SPDR [7].....	25
Tabulka 10: Komunikační rámec s DS1302 [5].....	29
Tabulka 11: Přehled registrů v obvodu DS1302 [5] .....	30
Tabulka 12: Status Register [11].....	42

## 1. ÚVOD

Zadáním práce je navrhnout měřicí systém, který bude schopen změřit analogové a digitální hodnoty na vstupu. K tomuto účelu se dá využít mikrokontrolér, který mimo řízení všech procesů celého měřicího systému má implementovány digitální vstupy a výstupy, a dále analogové vstupy. Je možno využít samostatných převodníků, které mají mnohdy lepší parametry jako například rychlost převodu nebo vyšší rozlišení.

Změřené hodnoty je nutné zpřístupnit uživateli, a proto je měřicí systém pomocí rozhraní připojen do sítě, na kterém je i uživatel. V dnešní době je velmi rozšířeno rozhraní Ethernet, který se používá velmi často k instalacím lokálních sítí ať už firemních nebo domácích. Samotní dodavatelé internetu dodávají modemy, které na straně uživatele disponují tímto rozhraním. Potom je možno, v případě vlastnění veřejné IP adresy, využít služeb serveru i mimo lokální síť.



Obrázek 1: Blokové zapojení měřicího systému

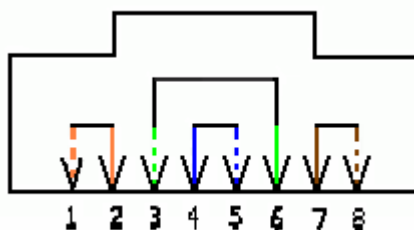
Vizuální distribuce dat má být provedena pomocí webové stránky, kterou si uživatel bude moci uložit přímo do modulu. Uložení dat v mikrokontroléru sice není problém, ale v době výpadku systému by v mnohých případech došlo ke ztrátě dat. Je tedy třeba zajistit jejich zachování i v případě, kdy dojde k poruchám, například na elektrické síti. Z toho důvodu je třeba využít vnější paměť.

Mnohé dnes využívané měřicí systémy disponují historií změřených dat pro kontrolu dění v průběhu měření. Po lepší čitelnost těchto dat je nutno ukládané hodnoty doplnit časem pro lepší identifikaci.

## 2. ETHERNET

Jak už bylo řečeno, pro připojení systému bude sloužit Ethernet. Jedná se o technologii, která řeší problémy fyzické a síťové vrstvy protokolů TCP/IP i ISO/OSI. Vývojem se ze sběrníkové topologie stala hvězdicová (případně typu strom), kde se do středu hvězdy připojil rozbočovač (HUB). Ten je ale jen náhradou sběrníkové topologie. Jeho funkcí je přijatá data předávat dál, a to ke všem připojeným účastníkům. Později rozbočovače nahradily přepínače (switche). Tato zařízení si přijatá data ukládají a z nich sami určí kanál, po kterém odešle data pouze určenému adresátovi. Díky tomu není třeba čekat na uvolnění přenosového média a celá síť je proto propustnější. Jako médium se dnes pro Ethernet používá především optické vlákno a kroucená dvojlinka. Výhodou optického vedení je přenos na velké vzdálenosti a imunita proti elektromagnetickému rušení. Na kratší vzdálenosti, pokud není vedení vystaveno velkému elektromagnetickému rušení ze silnoproudých zařízení, je levnější využít metalické vedení, jako je právě kroucená dvojlinka. Používají se kabely nestíněné UTP nebo stíněných STP, které jsou odolnější proti rušení. Ethernet se dnes vyznačuje jako sériová, plně duplexní komunikace. U čtyř párových kabelů se pro 100Base-TX (Fast Ethernet) využívá pouze dvou párů a to pinů 1,2,3 a 6. Ostatní zůstávají nevyužity. Využití zbývajících pinů přichází u typů 1000Base. Přebývající dva páry u 100Base-TX se také využívají pro stejnosměrné napájení zařízení na síti, jako je například switch, router, opakovací, ...

V tomto modulu bude použit pro fyzické připojení UTP kabel s konektorem RJ-45 zapojeného podle standardu T568B pro 10/100BASE-T (viz Obrázek.2). Oranžový a bílo-oranžový drát slouží k odesílání dat a zelený s bílo-zeleným k příjmu dat. Zbýlé, jak už bylo zmíněno, jsou nevyužity.



Obrázek 2: Zapojení konektoru RJ-45

### 3. NÁVRH MĚŘICÍHO MODULU:

V návrhu vycházím z blokového zapojení měřicího systému, které je na Obrázku 1. Jeho jádrem je mikrokontrolér, ke kterému je třeba připojit ostatní obvody pro možnost jejich využití. Celý modul bude napájen 3V.

#### 3.1 MIKROKONTROLÉR ATMEGA64

Pro řízení systému byl zvolen mikrokontrolér od firmy ATMEL z rodiny AVR. Konkrétně se jedná o ATmega64 [7].

##### 3.1.1 Základní charakteristika ATmega64:

Jde o 8. bitový procesor, který se vyznačuje Harvardskou architekturou, což je oddělená paměť programu od paměti dat. Mají redukovanou sadu instrukcí (označuje se jako RISC), 32 pracovních registrů a většina ze 130 instrukce je provedena v jednom taktu. Ve dvou taktech pracuje například násobička. Mikrokontrolér umožňuje uložení 64k bajtů do programové flashové paměti a 2k bajty do datové paměti EEPROM. Podporuje komunikaci přes sériovou linku SPI v režimech MASTER/SLAVE, umožňuje připojení dvouvodičové sériové rozhraní (Two-wire Seriál Interface). Připojení PC pomocí JTAG umožňuje jak nahrání programu do mikrokontroléru, tak i krokování programu a sledování stavu na branách pro ladění programu. Dále obsahují dva 8-bitové a dva 16-bitové čítače s oddělenou děličkou frekvence. Dva 8-bit PWM kanály a 8 A/D převodníků s rozlišením 10 bitů. Pokud je ale využit JTAG, pak půlka kanálu A/D převodníků připadne právě tomuto rozhraní a pro využití měření analogových hodnot zbývají 4 kanály. Možnost využití 53 programovatelných vstupů a výstupů. Napájení vyžaduje mezi 2,7V až 5,5V. Frekvence mikrokontroléru je 0-16 MHz.

K programování jsem použil AVR Studio 4, ke kterému je třeba doinstalovat kompilátor WinAVR-20090313, pro možnost programování v jazyce C.20090313

### **3.1.2 Zapojení ATmega64:**

Na Obrázku 3 je znázorněno zapojení procesoru. Krystal pro procesor je zvolen 16 MHz. Napájen je, jak už bylo zmíněno, napětím 3,3V. Tuto hodnotu zaručuje stabilizátor napětí LM317 a odpory R10 a R11. Dioda D8 slouží k signalizaci připojeného napájení. Protože brána F v ATmega64 není připojena na napájení mikrokontroléru, je potřeba připojit pin AVCC. Z doporučení výrobce by měl být připojen přes cívku o indukčnosti 10uH. Samotný převodník potřebuje referenční napětí. Protože bude využíváno vnitřní reference, je potřeba na pin AREF připojit kondenzátor 100nF oproti analogové zemi. Na brány z modulu je přímo vyvedena sériová komunikace UART a 2 brány digitálních vstupů (výstupů). Konkrétně se jedná o brány A a C. Přes odporový dělič jsou vyvedeny 4 kanály A/D převodníku. Zároveň je možné měřit diferenční napětí. U některých dvojic kanálů lze nastavit i zesílení. Poslední vyvedené piny jsou pro JTAG, pro který potřebujeme piny PF4-7, napájení, zem a vyvedení signálu RESET.

Pro resetování je využit obvod MCP130T od firmy Microchip Technology Inc. Obvod generuje signál RESET v mikroprocesorových systémech při náběhu napájecího či poklesu napájecího napětí pod bezpečnou úroveň. Předchází se tím zatuhnutí nebo nedefinovanému stavu mikrokontroléru. Obvod drží RESET ještě chvíli po naběhnutí napájecího napětí na požadovanou úroveň.

Většina kondenzátorů slouží jako filtrace napájecího napětí od střídavé složky napětí.

### **3.1.3 Analogové vstupy:**

Jak už bylo výše uvedeno, bude pro měření analogových hodnot napětí využit mikrokontrolér. Ten umožňuje připojení osmi kanálů na brány F do A/D převodníku. Rozlišení je 10 bitů. Pro využití na osmi pinech se používá analogový multiplexer, který na převodník, pokud je třeba, posílá postupně napěťové úrovně z jednotlivých pinů. Nelinearitu udává výrobce jako  $\pm 0,5$  LSB a absolutní přesnost 2 LSB. Referenční napětí je v čipu 2,56V nebo je možno připojit externí zdroj referenčního napětí. Minimální měřená úroveň je ta, která je připojená na pinu GND a maximální

### Obrázek 3: Zapojení mikrokontroléru ATmega64

### 3.1.4 Nastavení A/D převodníku:

Pro nastavení A/D převodníku je třeba nastavit příslušné registry. ATmega64 má pro nastavení 3 k tomu určené.

#### 3.1.4.1 Registr ADMUX:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x07 (0x27)	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	ADMUX
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

**Tabulka 1 : registr ADMUX: Multiplex A/D převodník**

Jedná se o registr Multiplexoru A/D převodníku (ADC Multiplexer Selection)

#### 7. a 6.bit – REFS1 a REFS0: výběr referenčního napětí:

Kombinací těchto bitů vybíráme zdroj referenčního napětí pro A/D převodník. Kombinace bitů a jejich význam je viz Tabulka 2. Výměna bitů se projeví až po ukončení měření původního kanálu. Při dalším měření už bude nastavena nová hodnota referenčního napětí.

Pro tento modul je vybrán interní zdroj referenčního napětí, proto byl na pin AREF připojen kondenzátor.

REFS1	REFS0	Voltage Reference Selection
0	0	AREF, Internal Vref turned off.
0	1	AVCC with external capacitor at AREF pin.
1	0	Reserved
1	1	Internal 2.56V Voltage Reference with external capacitor at AREF pin.

**Tabulka 2 :seznaam referenčních zdrojů a hodnoty jejich nastavení [7]**



#### **5.bit – ADLAR: (ADC Left Adjust Result):**

Tento bit zarovnáva výsledek. Při nastavené logické nule, je výsledek zarovnán doprava. Nastavením bitu do logické jedna, zarovnáme výsledek doleva. Změna proběhne ihned, bez ohledu na to, zde zrovna probíhá převod.

Pro lepší práci s naměřenou hodnotou je zvoleno zarovnání vpravo.

#### **4. až 0. bit – MUX4 až MUX0: analogový kanál a výběr zesílení (Analog Channel and Gain Selection Bits):**

Tyto bity slouží k nastavení vstupního kanálu, který bude připojen na A/D převodník, popřípadě nastavují 2 kanály pro měření diferenční napětí mezi dvěma kanály se zesílením 1x, 10x a 200x. Se zvyšujícím se zesílením se snižuje citlivost. Tabulku s hodnotami, podle které se dá nastavit kanál, případně dva kanály i se zesílením, udává výrobce ve svém DataSheetu. Pro potřeby modulu stačí vědět, že hodnoty 0 - 7 nastavují převod hodnoty z právě nastaveného kanálu, zatímco 8 – 29 nastavují převod z diferenčního napětí mezi dvěma kanály s případným zesílením. Hodnota 30 slouží k přivedení 1,22 V na vstup převodníku a poslední hodnota 31 přivede na vstup převodníku GND (0 V).

Pro potřeby modulu budou stačit hodnoty 0-3, protože jak již bylo zmíněno, druhou polovinu brány využívá JTAG. Hodnota 0 odpovídá pinu PF0, ...

#### **3.1.4.2 Registr ADCSRA:**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x06 (0x26)	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	ADCSRA
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

**Tabulka 3 : registr řízení a stavů A/D převodníku [7]**

Jedná se registr pro řízení a stav A/D převodníku (ADC Control and Status Register A)

### ***7.bit – ADEN: zapnutí A/D převodníku (ADC Enable)***

V logické jedna bude převodník zapnut a při logické jedničce vypnut. Vypnut bude ihned i v případě, že probíhá převod.

### ***6.bit – ADSC: start převodu A/D převodníkem (ADC Start Conversion)***

Tímto bitem se spustí převod na vybraném kanálu, popřípadě na dvojici diferenčních kanálů. Tento bit slouží i jako kontrola, zda ještě probíhá převod. Po ukončení převodu se vrátí do logické nuly.

### ***5.bit – ADATE: automatické spouštění A/D převodníku (ADC Auto Trigger Enable)***

Nastavením do jedné se zapne spouštění A/D převodníku vnějším zdrojem. Zdroj je vybírán bity ADTS v registru ADCSRB.

### ***4.bit – ADIF: přerušení A/D převodníkem (ADC Interrupt Flag)***

Bit je nastaven do logické jedničky, pokud je převod dokončen. K přerušení dojde pokud je bit ADIE a 1. bit v registru SREG nastaven do logické jedničky. ADIF je nastaven do logické nuly hardwarově, pokud je vykonáno přerušení, popřípadě zapsáním logické jedna do flagu.

### ***3.bit – ADIE: povolení přerušení A/D převodníkem (ADC Interrupt Enable)***

Je-li tento bit a 1. bit v registru SREG v logické jedničce, po dokončení převodu nastane přerušení.

### ***2. až 0.bit – ADPS2 až ADPS0: (ADC Prescaler Select Bits)***

Těmito bity nastavíme dělicí poměr mezi XTAL frekvencí a vstupními hodinami A/D převodníku. Čím větší poměr, tím je převod přesnější. Hodnoty pro převod jsou viz Tabulka 4.

Z tohoto registru bude hlavně využíváno zapnutí převodníku a spuštění převodu ať už pro samotné spuštění, tak i kontrolu, zda byl převod dokončen. Nastavení před-děličky pomocí bitů ADPS2-0 bude nastaveno na hodnotu 128. Je na zvážení, zda je třeba využít tak přesného měření, pokud je na vstupu převodníku odporový dělič, který nemusí převádět přesně na polovinu napětí, jak je navrženými hodnotami zamýšleno.

ADPS2	ADPS1	ADPS0	Division Factor
0	0	0	2
0	0	1	2
0	1	0	4
0	1	1	8
1	0	0	16
1	0	1	32
1	1	0	64
1	1	1	128

**Tabulka 4 : bity ADPS2-0 registru ADCSRA: hodnota před-děličky [7]**

### 3.1.4.3 Registr ADCSRB:

O tomto registru se spíše jen zmíním pro úplnost. V programu s využitím jeho funkce není počítáno.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x8E)	–	–	–	–	–	ADTS2	ADTS1	ADTS0	ADCSRB
Read/Write	R	R	R	R	R	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

**Tabulka 5: registr ADCSRB [7]**

### 2. až 0. bity – ADTS2 až ADTS0: (ADC Auto Trigger Source)

Nastavují zdroj spouštění A/D převodníku. Nastavování má význam, pokud bude bit ADATE nastaven do logické jedna.

Zbylé bity tohoto registru nejsou využity.

### 3.1.4.4 Registry ADCH a ADCL

Naměřené hodnoty se po dokončení převodu ukládají do dvou registrů. Jeden je označován jako ADCL, druhý ADCH. Pokud jsou čteny data z paměti ADCL, nejsou data v datovém registru A/D převodníku přepisována, dokud se nepřečte i registr ADCH. Toto pořadí je nutné, aby nedošlo ke ztrátě dat. Výjimkou je, pokud

by přijímaná data neměla větší citlivost nežli 8 bitů. Pak stačí přečíst pouze registr ADCH. Alternativou těchto dvou registrů je použít v programu ADCW, který je 16 bitový a obsahuje oba tyto registry.

Způsob uložení výsledku je také ovlivněn bitem ADLER v registru ADMUX.

Pro přepočítání slouží vztah:

$$ADC = \frac{V_{IN} \cdot 1024}{V_{REF}} \quad (1)$$

- ADC je naměřená hodnota v registru ADCW
- $V_{IN}$  je měřená hodnota napětí
- $V_{REF}$  je referenční napětí (v našem případě 2,56 V)
- 1024 je maximální velikost 10 bitového převodníku

Pro úplnost je třeba počítat i s děličem napětí na vstupu každého kanálu, tedy vypočítané  $V_{IN} \cdot 2$ .

Nastavení A/D převodníku vypadá tedy takto:

`ADMUX = (1<<REFS0)|(1<<REFS1);`

`ADCSRA = (1<<ADEN)|(1<<ADPS2)|(1<<ADPS1)|(1<<ADPS0);`

Změření napětí na volitelném kanálu je řešeno funkcí „anlg\_in“:

```
int anlg_in(unsigned int i )
{
    int napetiR=0;
    ADMUX &= ~((1<<MUX0)+(1<<MUX1));
    if (i/2) ADMUX |= (1<<MUX1);
    if (i%2) ADMUX |= (1<<MUX0);
    ADCSRA |= (1<<ADSC)|(1<<ADEN);
    while((ADCSRA & (1<<ADSC)));
    napetiR=ADCW;
    return (napetiR*5); //(Uref/1024)=2,5*delici pomer delice nap
}
```

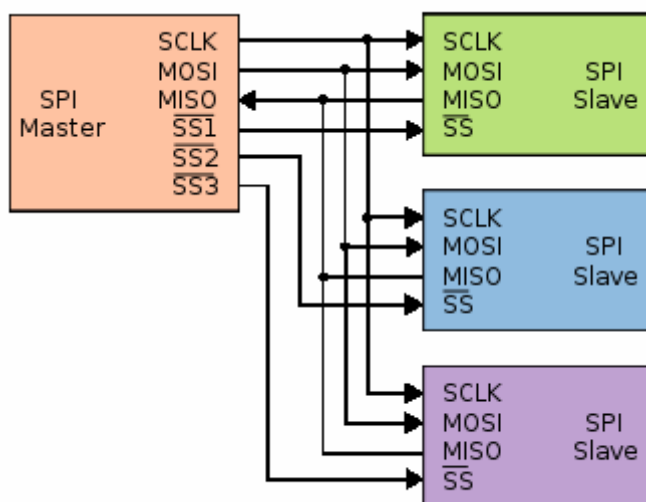
Vstupním parametrem je číslo kanálu, který má být změřen. Pro nastavení kanálu 0 až 3 stačí nastavit bity MUX0 a MUX1 z registru ADMUX. Právě k tomuto nastavení slouží dvě podmínky if. Po nastavení je zapnut A/D převodník a spuštěn převod vybraného kanálu. Podmínka while (...) slouží ke kontrole, zda byl převod dokončen. Ve chvíli kdy bit ADSC nabude hodnoty logické 0, pak dojde k uložení naměřené hodnoty do proměnné napetiR, která je převedena do skutečné naměřené hodnoty.

### 3.1.5 Sériová sběrnice SPI:

Protože všechny funkce měřicího systému neobstará mikrokontrolér sám, je třeba využít dalších integrovaných obvodů se kterými je nutné, aby se s nimi mikrokontrolér spojil a byla možná komunikace mezi nimi. Pro tento účel lze dobře využít implementované rozhraní mikrokontroléru ATmega64. Sériové, duplexní periferní rozhraní (Serial Peripheral Interface) označované jako SPI. Dá se využít ke komunikaci s pamětí, převodníkem, displejem a dalšími integrovanými obvody. Komunikace je provedena čtyřmi vodiči k jednotlivým integrovaným obvodům. Společnou sběrnici o třech vodičích a jedním vodičem pro adresaci jednotlivého integrovaného obvodu. Druhý vodič slouží pro řídicí hodinový signál, třetí slouží pro odesílání dat a čtvrtý pro příjem dat. Zařízení se na SPI sběrnici dělí na zařízení typu **MASTER** (řídící) a typu **SLAVE** (podřízený). MASTER je zařízení, které rozhoduje, se kterým zařízením bude komunikovat nastavením adresního pinu na logickou nulu (pin označený, u zařízení typu slave, SS nebo CS). Dokud bude na tomto pinu logická nula, bude uvolněn příjem i vysílání dat. Dalším úkolem řídicího zařízení je řízení komunikace pomocí hodinového signálu.

Úkolem zařízení typu slave je čekání na příjem logické nuly na vstup SS a vysílat požadovaná data podle hodinového signálu.

Piny rozhraní se označují: SCLK (jedná se o hodinový signál), MOSI (pro master se jedná o výstup, pro slave o vstup), MISO (pro master se jedná o vstup, pro slave o výstup) a SS (slouží pro rozhodnutí, se kterým zařízením bude probíhat komunikace).



Obrázek 4: Princip zapojení zařízení pomocí rozhraní SPI [8]

Ještě bych k označení zmínil, že jako master je označen v tomto případě mikrokontrolér ATmega, kde se připojují piny SS ostatních integrovaných obvodů na libovolný digitální výstup. Pin označený na mikrokontroléru jako SS se využívá jen v případě, že by tento mikrokontrolér byl použit jako slave.

Mikrokontrolér může zastávat roli master i slave, je tedy třeba nastavit chování a postavení obvodu na sběrnici. Pro nastavení této komunikace využívá ATmega 3 registry. Jmenovitě SPCR, SPSR a SPDR.

### 3.1.5.1 SPCR: registr pro ovládání SPI:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x0D (0x2D)	<b>SPIE</b>	<b>SPE</b>	<b>DORD</b>	<b>MSTR</b>	<b>CPOL</b>	<b>CPHA</b>	<b>SPR1</b>	<b>SPR0</b>	SPCR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabulka 6: Registr SPCR pro ovládání SPI [7]

#### **7. bit – SPIE: povolení přerušení SPI**

Povolí vykonání přerušení SPI. Pokud je bit SPIF v registru SPSR nastaven do jedné a je-li povoleno globální přerušení bitem SREG.

Tato funkce je nevyužita. Mikrokontrolér očekává odpovědi pouze pokud se na ně dotáže.

#### **6. bit - SPE: zapnutí SPI**

Pokud není-li nastaven do jedné, nebude probíhat komunikace přes toto rozhraní. Je tedy nutné tuto komunikaci aktivovat.

#### **5. bit – DORD: pořadí dat (vysílaných/přijímaných)**

Nastavením bitu do jedné se budou data přenášet od nejméně významného bitů (LSB)

Nastavením bitu do nuly se budou data přenášet od nevíce významného bitu (MSB). Právě tuto variantu požadují obě použité součástky, se kterými je třeba komunikovat.

#### **4. bit – MSTR: výběr mezi Master a Slave**

Pokud bude bit v jedné, bude se mikrokontrolér chovat jako Master. Pokud bude bit v nule, bude z něj Slave.

Jestliže je pin SS nastaven jako vstupní a přijde na něj logická nula, bude MSTR vynulován a bit SPIF nastaven do jedné. Bude-li uživatel používat mikrokontrolér jako Master, musí nastavení opět přenastavit. Protože máme ostatní obvody řídit a vyžadovat jen odpovědi, nastavíme bit do jedné. Pin PB0 (SS) není vyveden.

#### **3. bit – CPOL: klidová hodnota hodinového signálu**

Je-li bit nastaven do nuly, jeho klidová úroveň signálu je logická nula.

Je-li bit nastaven do jedné, jeho klidová úroveň signálu je logická jedna.

#### **2. bit – CPHA: nastavení fáze hodinového signálu**

Pokud je bit nastaven do nuly, je hodnota na vstupním kanálu čtena při vzestupné hraně hodinového signálu.

Pokud je bit nastaven do jedné, je hodnota na vstupním kanálu čtena při sestupné hraně hodinového signálu.

### 1. a 0.bit – *SPR1, SPR0: výběr dělicího poměru pro řídicí hodinový signál*

Těmito dvěma bity je nastaven dělicí poměr pro SPI řídicí hodinový výstup (SCK) z frekvence hodin mikrokontroléru. Převodní poměr je ukázán viz Tabulka 7. Pro úplnost je pro nastavení používán ještě bit SPI2X, který je v registru SPSR. Nastavení má význam, pokud je zařízení používáno jako Master.

V programu je volena varianta  $f_{osc}/4$ .

SPI2X	SPR1	SPR0	SCK Frequency
0	0	0	$f_{osc}/4$
0	0	1	$f_{osc}/16$
0	1	0	$f_{osc}/64$
0	1	1	$f_{osc}/128$
1	0	0	$f_{osc}/2$
1	0	1	$f_{osc}/8$
1	1	0	$f_{osc}/32$
1	1	1	$f_{osc}/64$

**Tabulka 7 : Dělicí poměru frekvence oscilátoru pro SCK komunikace SPI [7]**

### 3.1.5.2SPSR: registr stavů SPI

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x0E (0x2E)	<b>SPIF</b>	<b>WCOL</b>	–	–	–	–	–	<b>SPI2X</b>	<b>SPSR</b>
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

**Tabulka 8: registr SPSR [7]**

O bitu 0 bylo hovořeno u předchozího registru. Bity 1 až 5 nejsou využity a při čtení budou vždy odpovídat logickou nulou. Zbývají nám tedy ještě 2 bity:



### 7.bit – SPIF: stav přenosu

Tento bit vyvolá přerušení, pokud proběhl celý přenos dat (SPIF je nastaveno do jedné). Pro přerušení je nutné nastavit SPIE v registru SPCR do jedné a mít povoleno globální přerušení. Přerušení může vyvolat i příchod logické nuly na pin SS (pokud je nastaven pro vstup).

Tento bit je vynulován hardwarově, po prvním přečtení registru SPDR.

V programu je využit pro kontrolu, zda byl dokončen přenos. Dokud není splněna podmínka `while(!(SPSR&(1<<SPIF)))` program opakovaně zkouší, zda nebyla data již přijata.

### 6.bit – WCOL: kolize při vysílání

Bit je nastaven do jedné, pokud je registr SPDR přepisován během posílání dat. Na hodnotu logické nuly se vrací při prvním přečtení bitu WCOL a uvolnění datového registru SPI.

#### 3.1.5.3 SPDR: datový registr SPI

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x0F (0x2F)	<b>MSB</b>							<b>LSB</b>	<b>SPDR</b>
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	X	X	X	X	X	X	X	X	Undefined

**Tabulka 9: registr SPDR [7]**

Třetím a posledním registrem využívaným pro komunikaci přes SPI je registr SPDR.

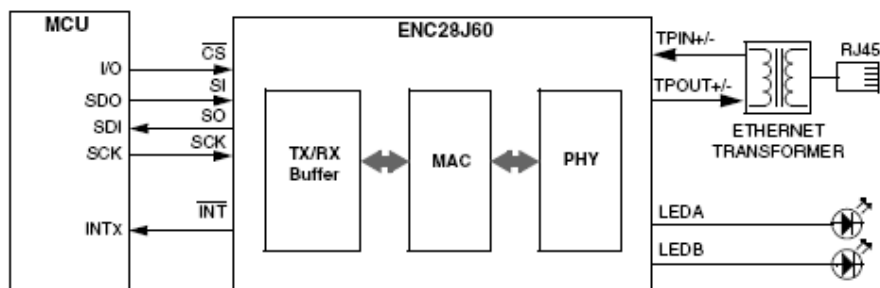
Tento registr je využíván pro zápis/čtení posílaných/přijímaných dat. Používá se pro přenos dat mezi registrem souborů a posuvným registrem SPI.

## 3.2 ETHERNETOVÝ ŘADIČ ENC28J60 :

Nyní máme komunikaci, pomocí které můžeme komunikovat uvnitř měřicího systému. Aby bylo možno komunikovat s mikrokontrolérem přes www stránky, je

třeba připojit řídicí jednotku systému do sítě, ať už veřejné nebo lokální. K tomuto účelu je použit Ethernetový řadič ENC28J60 [6], který umožňuje připojení k mikrokontroléru právě pomocí zmiňovaného SPI rozhraní, a to pro hodinový signál s frekvencí do 20 MHz. Tento obvod splňuje normu IEEE 802.3. Připojení zařízení je provedeno dnes běžně používaným konektorem RJ45. Jako konektor jsem zvolil MagJack SI-50154-F. Jeho výhodou je vlastní odstíněné trafo a díky součástkám v tomto konektoru dojde ke snížení počtu pasivních součástek i k úspoře místa na DPS.

Samotný Ethernetový řadič nemá od výrobce nastavenou žádnou MAC adresu. Je třeba ji při inicializaci řadiče nastavit. Pro jedinečnost je třeba adresu zakoupit nebo získat ze starého, již nefunkčního zařízení. Řadič je plně kompatibilní s 10/100/1000Base-T sítěmi. Umí odmítat chybná data a znovu odesílat pakety po kolizi. Podporuje full i half duplexní přenos dat. Podporuje 10 M bitový Ethernetový port s automatickou detekcí polarity diferenciálního signálu z kroucené dvojlinky a její korekci. Sám si doplní potřebným množstvím nul paket pro odeslání. Pro odesílaná a přijímaná data má 8 kBytovou dvojitou paměť SRAM. Zajišťuje nám tedy fyzickou a síťovou vrstvu v komunikačním modelu ISO/OSI nebo TCP/IP, který je využíván pro komunikaci po internetu. Pro indikaci aktivity slouží dva výstupy pro LED, které jsou již v konektoru MagJack SI-50170. Ty je možno nastavit, jaký stav mají signalizovat, nebo jestli nemají jen svítit nebo být zhaslé (záleží i na připojení LED k řadiči, jestli jsou připojeny od napájení nebo od země).

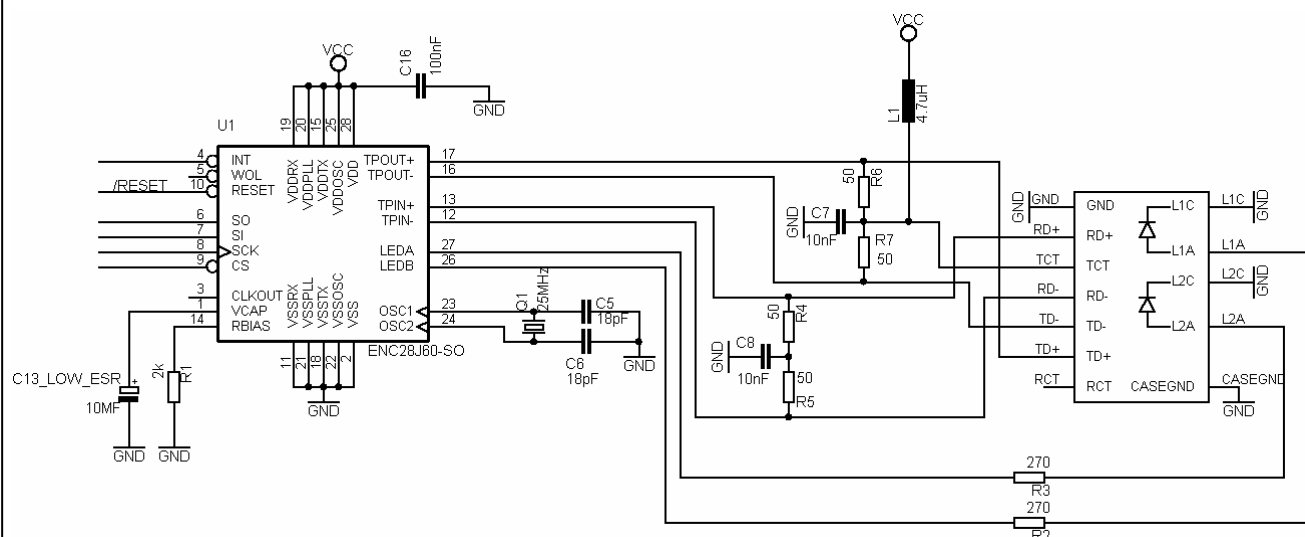


Obrázek 5: blokové schéma a zapojení ENC28J60 [6]

Řídící registry jsou rozděleny do čtyř bank. Výběr banky se provádí bity BSEL1 a BSEL0 v registru ECON1, který se nachází v každé bance. Každá banka má velikost 32 bytů a je adresována pěti bity. Ne všechny bity jsou využity. Nastavit se dá například to, jestli se mohou propouštět rámce určené pro jiná síťová zařízení, nebo jestli může propustit zprávu s MAC adresou FF:FF:FF:FF:FF.

### 3.2.1 Zapojení ENC28J60:

Zapojení vychází z doporučení výrobce. Jak již bylo řečeno, díky konektoru MagJack SI-50154-F pro „kostky“ RJ-45, který řeší sám část zapojení, jako je oddělovací trafo. Tím ušetřil místo a snížil množství potřebných součástek. Komunikační vývody jsou vedeny k mikrokontroléru na bránu PB. Pin SO je veden na PB3 (MISO), pin SI veden na PB2 (MOSI), SCK veden na PB1 (SCK), CS veden k PB5 a INT veden k PD0 (SCL/INT0). RESET je připojen na výstup resetovacího obvodu MCP130T.



### Obrázek 6:Zapojení ENC28J60 v měřicím systému

### **3.2.2 Práce s ENC28J60:**

Obvod začíná přijímat data až ve chvíli, když na řídicí pin je přivedena logická nula. Požadavky pro obvod jsou zasílány po osmi bitech. (byte). Při zahájení komunikace je zaslána obvodu požadavek, který je odeslán ve tvaru: prvních 3 bitech s nejvyšší důležitostí Opcode a zbylé Address. Opcode obsahuje kód příkaz, který požadujeme od tohoto řadiče. Zbylých 5 bitů je využito podle příkazu. Tedy pokud se jedná o čtení/zápis z/do bufferu paměti nebo resetovací příkaz, pak jsou bity dány a jsou pevně svázané s Opcode. Pokud jde ale o příkazy týkající se řídicích registrů, jsou zbylé bity vyplněny adresou registru, se kterým chceme pracovat. Druhý a následující byte už slouží buďto k odesílání nových dat nebo příjmu.

### **3.3 PAMĚŤ AT45DB041:**

Dle výše uvedeného je zaručen přístup k síti a je třeba přidat paměť pro zálohu vytvářené webové stránky. Pro tento účel může posloužit například DataFlashová paměť AT45DB041 [11]. Je třeba zajistit napájení 2,5 V až 3,6 V, tedy vyhovuje již zvolenému napájení 3,3 V. Paměť má dvojitý 264-Byte buffer SRAM. Jedním z hlavních důvodů využití je, že se k této DataFlashové paměti přistupuje přes SPI rozhraní. Hlavní paměť (paměť dat) se dělí do 8 sektorů, 256 bloků 2048 stránek po 256 nebo 264 Bytech podle volby uživatele. Velikost je volena příkazem, tedy pokud je třeba ukládat nějaká data, tak je možno vybrat mezi dvěma příkazy, které se liší jen v pohledu na velikost stránky. Přijímaná frekvence po SPI kanálu může dosahovat až 66 M Hz, což přesahuje možnosti mikrokontroléru.

Komunikace je zde obdobná jako v případě ethernetového řadiče. První se odesílá Opcode, které je zde oproti řadiči větší a to 1 Byte. Množství následujících dat už záleží na konkrétním příkazu. Může jít o adresu paměti o délce až 3 Byte, nebo také 4 prázdné Byte, či jejich kombinaci.

Obvod je připojen k napájení měřicího systému a to 3,3 V. Komunikační vývody SPI sběrnice je stejné jako u ethernetového řadiče s rozdílem, že vývod CS je

připojen na pin mikrokontroléru PB4. Poté zbývají už jen dva vodiče a to WP a RESET, které jsou připojeny k napájení (+). Díky tomu může obvod uložit přijatá data z bufferu do paměti ve chvíli, kdy mikrokontrolér obdržel signál RESET od resetovacího obvodu. WP slouží k zabezpečení dat v paměti proti přepisu. Toto zabezpečení se dá provést softwarově i hardwarově. Pokud je na pin WP přivedena 0, pak nelze data přepisovat. Proto je tento vývod připojen k také k napájení.

### 3.4 MODUL REÁLNÉHO ČASU DS1302:

Posledním integrovaným obvodem je modul reálného času [5]. Jde o integrovaný obvod sloužící k počítání sekund, minut, hodin, dnů v měsíci, měsíců, dnů v týdnu a roků (i s přestupnými). Jako paměť pro tyto data slouží 31 x 8 RAM. Na rozdíl od komunikace mikrokontroléru s ostatními integrovanými obvody pomocí rozhraní SPI, bude mikrokontrolér s DS1302 komunikovat pomocí rozhraní 3-Wire, což je 3-vodičová sériová komunikace. Touto komunikací není ATmega64 vybavena, a proto je řešena softwarově spolu s nastavením a čtením hodnot z tohoto obvodu v knihovně DS1302.c.

#### 3.4.1 Příkazový byte:

7	6	5	4	3	2	1	0
1	RAM	A4	A3	A2	A1	A0	RD
	$\overline{CK}$						$\overline{WR}$

Tabulka 10: Komunikační rámec s DS1302 [5]

**7.bit** musí být v logické jedna, jinak bude blokován

**6.bit** určí, jestli se jedná o hodiny/kalendář při nastavení logické nuly nebo o data z RAM při logické jedničce. Za účelem nastavení nebo přečtení času stačí nastavovat pouze logickou 1.

5. až 1. bit určuje vstupní nebo výstupní registr.

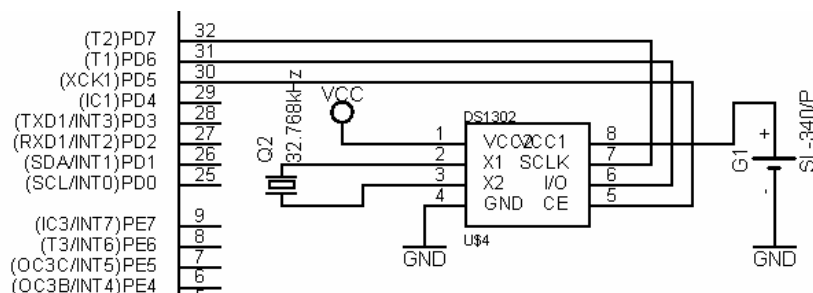
0.bit určuje, zda se bude zapisovat nebo číst. Logická nula znamená zápis a logická jedna znamená čtení.

Přehled zasílaných příkazů pro čtení a zápis jednotlivých časových údajů je znázorněn viz Tabulka 11.

READ	WRITE	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	RANGE
81h	80h	CH		10 Seconds			Seconds			00–59
83h	82h			10 Minutes			Minutes			00–59
85h	84h	12/24	0	10 AM/PM	Hour		Hour			1–12/0–23
87h	86h	0	0	10 Date			Date			1–31
89h	88h	0	0	0	10 Month		Month			1–12
8Bh	8Ah	0	0	0	0	0	Day			1–7
8Dh	8Ch			10 Year			Year			00–99
8Fh	8Eh	WP	0	0	0	0	0	0	0	—
91h	90h	TCS	TCS	TCS	TCS	DS	DS	RS	RS	—

Tabulka 11: Přehled registrů v obvodu DS1302 [5]

Napájení je opět 3,3 V. Zároveň se může připojit záložní baterie, která zajistí chod obvodu i při odstavení měřicího systému od zdroje proudu. Pokud není baterie připojena, pak není uložen ani poslední časový údaj a také se většinou (není to pravidlem) nastaví sekundy na hodnotu 80. Tím je obvod s prací výpočtu času zastaven. Jako vstupní hodiny slouží krystal s frekvencí 32,768kHz. Jak výrobce udává, je nutné jej připojit velice blízko k součástce. I 1 cm navíc může způsobit 11 sekundové zpoždění, než samotný modul připočte 1 sekundu. Připojení obvodu je viz Obrázek 7.



Obrázek 7: Zapojení DS1302

## **4. PŘENOS DAT PO INTERNETU**

Zatím máme vyřešeno připojení, ale je třeba vyřešit komunikaci, která je řízena řídicími a kontrolními protokoly. Pro komunikaci po internetu se používá rodina komunikačních protokolů TCP/IP [1]. Ta se dělí do takzvaných 4 vrstev, které jsou hierarchické. To znamená, že každá vrstva využívá služeb, které poskytuje nižší vrstva. Zároveň ovšem nabízí své služby vrstvě vyšší. Tato architektura umožňuje záměnu jednotlivých protokolů. Komunikace probíhá mezi dvěma stejnými vrstvami, které obsahují komunikační protokoly. TCP/IP má, jak už bylo řečeno, 4 vrstvy, kterými je vrstva síťového rozhraní, síťová vrstva, transportní vrstva a aplikační vrstva.

### **4.1 APLIKAČNÍ VRSTVA:**

Nejvyšší vrstvou je aplikační vrstva. Ta se týká programů, které potřebujeme aby přenášely data po síti. Mezi nejvíce využívané patří například FTP, HTTP, DHCP, DNS, POP3, ... Měřicí systém má zprostředkovat distribuci dat pomocí webových stránek, jenž zajišťuje HTTP kód. Vzhled stránek pak už záleží na HTML kódu, javascriptu.

### **4.2 TRANSPORTNÍ VRSTVA:**

Druhou vrstvou je vrstva transportní. Tato vrstva bývá většinou až u koncových zařízení. Pro potřeby internetu se využívají dva protokoly, a to TCP a UDP. Pro oba tyto protokoly platí, že obsahují ve svých hlavičkách dvě šestnáctibitová čísla portu. Jedná se o číslo určující, které určuje, které aplikaci je zpráva určena. To znamená, že pokud já jako klient pošlu žádost o webovou stránku, pak je zvykem použít číslo portu 80 a uložím ho do hlavičky odeslané zprávy. Zároveň musím serveru oznámit, na jaké číslo portu má zaslat kód webové stránky. Dalším společným parametrem je kontrolní součet pro ochranu přijatých dat. Pokud

by byla zjištěna chyba při přenosu, pak budou data znovu vyžádána nebo zahozena. Tím jsem vyjmenovány společné parametry obou jmenovaných protokolů.

Ještě s jedním parametrem máme popsánu hlavičku UTP datagramu, kde je minimální délka 8 Byte. Posledním parametrem je délka dat. Ta určuje velikost dat předávané nižší vrstvě (velikost záhlaví a dat). Jedná se o nespojovanou službu. V případě poruchy dat bývají data zahozena. Jsou ale systémy, které tento součet nekontrolují jako například DNS. Používá se hlavně tam, kde není nutné přijmout všechny datagramy, ale je třeba aby přicházející data byla přijímána v reálném čase nebo je snaha ušetřit velikost přenášených dat a zmenšit potřebný výpočetní výkon pro přenos. Při použití tohoto protokolu se počítá s tím, že další případné parametry pro přenos si zajistí každý sám.

Oproti tomu TCP je spojovaná služba zabezpečující spolehlivý přenos dat. Pokud dojde k poruše dat při přenosu, pak si je znovu vyžádá. Pro řízení komunikace slouží pole příznaků, které určuje zahájení komunikace SYN, ukončení komunikace FIN, potvrzení správnosti přijatých dat ACK a další. Tímto protokolem je také možné přenést větší množství dat nežli je velikost TCP segmentu. To mu umožňuje číslování odesílaných a přijímaných Bytů. Při zahájení komunikace dojde k výměně čísel, kterými bude přenos zahájen. Dalším parametrem, který obsahuje je délka okna, tedy velikost přírůstku, který bude přičten k přijatým datům. Je možné využít i ukazatele naléhavých dat, který ukazuje na data, která mají být přednostně vyřízena. Posledním povinný parametrem je velikost hlavičky, která je minimálně 20 Bytů. Tento protokol má totiž volitelné položky hlavičky a je třeba oznámit příjemci, kde končí hlavička a kde začínají data.

Právě TCP protokol bude využit při komunikaci s měřicím systémem.

### **4.3 SÍŤOVÁ VRSTVA:**

Sítí je třeba data nasměrovat přímo ke vzdálenému uživateli. Tuto funkci zajišťuje právě tato vrstva. Díky ní je možné provádět směrování v síti. Na této



vrstvě se využívají protokoly IP, ARP, ICMP, ...Není tedy aplikována jen u koncových zařízení, ale i u prvků v síti.

Pro odesílání dat se používá protokol IPv4. Hlavní částí jsou IP adresy, což jsou 32 bitová čísla. Do síťové hlavičky se dávají dvě IP adresy a to adresu příjemce, a také adresu odesílatele.

Dále jen stručně zmíním další povinné položky:

Verze protokolu:	nabývá hodnoty 4
Délka záhlaví:	udává se ve čtyř Bytech, minimální velikost je 20 Byte,
Typ služby:	měla zaručit přednostní doručení, služba se ale nevyužívá
Celková délka:	určuje délku datagramu, která může být maximálně 65535
Identit. datagramu:	využívá se k fragmentaci datagramu, označuje data, která patří k sobě.
Příznaky:	jde o oznámení povolení/zakázání fragmentace a oznámení, zda jde o poslední fragment
TTL:	určuje dobu života v síti z důvodu nekonečného šíření
Protokol vyšší vrstvy:	identifikační číslo nadřazeného protokolu (TCP=6)
Kontrolní součet:	ale pouze záhlaví IP protokolu

K dalším protokolům, které je potřeba implementovat patří ARP. Tento protokol slouží ke zjištění MAC adresy.

#### **4.4 VRSTVA SÍŤOVÉHO ROZHRAŇÍ:**

Poslední vrstva je závislá na využití technologii přenosu dat. TCP/IP protokoly se jí příliš nezabývají a záleží na použité technologii přenosu signálu. Je možné použít různá přenosová média kterými je vzduch, metalické materiály nebo

materiály určené pro přenos světla. Technologie pro přenosu dat se používají kupříkladu: Ethernet, Token ring, FDDI.

Jednotlivé technologie používají vlastní komunikace a přidávají k datům přijatých ze síťové vrstvy svoji hlavičku. Měřicí modul má být připojen pomocí technologie Ethernet. Pro synchronizace všech poslouchajících dat začne vysílat preambuli. Poté vyšle MAC adresu příjemce, což je 6 Bytová adresa, která musí být unikátní. Za ní je vyslána MAC adresa odesílatele. Poté následuje už jen délka dat, samotná data přijatá síťovou vrstvou a kontrolní součet (8 Bytů).

#### **4.5 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ PRO KOMUNIKACI:**

Komunikaci v měřicím systému řeší částečně Ethernetový řadič a částečně mikrokontrolér. Nastavení a komunikaci s řadičem řeší knihovna `enc28j60.h` a `enc28j60.c`. Síťovou a transportní vrstvu řeší mikrokontrolér pomocí knihovny `ip_arp_udp_tcp.h` a `ip_arp_udp_tcp.c`. V knihovně `net.h` jsou uložena makra zpřehledňující zpracovávání příchozích a ochozích zpráv.

Jedná se o stále aktualizované datové zdroje [4], která jsou vytvořeny pro procesor ATmega88 [2][3]. Z knihoven je využívána jen část pro TCP protokol. Vzhledem k přenosu webových stránek upřednostňuji zajištěný přenos informací. Knihovny umožňují přenos po jednom rámcu a neumožňuje fragmentování a defragmentování datového toku, což by bylo pro mikrokontrolér náročné a nebylo by možné zpracovávat další příchozí požadavky od jiných klientů.

#### **4.6 HTTP PROTOKOL:**

Na aplikační vrstvě v našem případě pracuje HTTP protokol [9]. Ten využívá k přenosu dat několik metod pro různé služby, kterými klient vysílá požadavky serveru. Není povinností serveru podporovat všechny metody. Pokud by obdržel metodu, kterou nepodporuje, odpoví klientovi chybovým hlášením.

Hlášení klientovi se dělí do pěti skupin. Každé hlášení se skládá ze 3 číslic s tím že první číslice značí skupinu. Pro přehled skupin je uveden přehled:

- 1xx – informační zpráva
- 2xx - příchozí zpráva byla přijata a pochopena
- 3xx - přesměrování
- 4xx – chybný dotaz
- 5xx - chyba na serveru

Z druhé skupiny je využito hlášení 200 OK. Jedná se o kladnou odpověď od serveru s odesláním odpovědi. V našem případě server požádá o webovou stránku a měřicí modul odešle spolu s kódem webové stránky i tuto odpověď. Taková zpráva může vypadat například takto:

HTTP/1.0 200 OK  
Content-Type: text/html

*Měřicím systémem zaslaná data (webová stránka)*

Druhou využitou zprávou je hlášení 204 No Kontent. Jedná se opět o kladnou odpověď, ale nevznikla žádná data k odeslání ke klientovi.

Protože měřicí systém je koncové zařízení, které má své funkce zpracovávat samostatně, nebude docházet k žádnému přesměrování. Proto skupina 3xx není využita.

Pro chybová hlášení využívá měřicí modul dvě. První z nich je 400 Bad Request. Jedná se o oznámení klientovi, že dotaz má špatnou syntaxi. Druhým hlášením je 401 Unauthorized. Tato zpráva oznamuje klientovi, tak že zadaná URL neexistuje.

## 5. VKLÁDÁNÍ WEBOVÉ STRÁNKY:

Ukládání webové stránky je řešeno pomocí formuláře v HTML kódu. Výhodou je, že není potřeba žádný externí program, kterým by se dala stránka změnit. Uživatel jen zvolí stránku, na které je uložen formulář [10] a může tuto změnu provést. Zapiše do textového pole kód stránky požadovaného vzhledu a dá odeslat. Samotný kód formuláře může (bez grafické úpravy) vypadat takto:

```
<form action="/webupload" method="POST" id="st" enctype="multipart/form-data">  
  <input type="submit" value="Odeslat" />  
  <textarea name="zprava" rows="30" cols="100"> </textarea>  
</form>
```

Mezi tagy <form> a </form> se nachází skupina polí, která bude odeslána společně. V tomto případě se jedná pouze o pole typu textarea. Name pojmenovává toto pole pro identifikaci dat na serveru. Atributy rows a cols udávají velikost zobrazených znaků na stránce. Rows udává výšku a cols šířku.

Odeslání se provede stisknutím tlačítka „Odeslat“. Takové tlačítko získáme zapsáním typu: submit. Atribut value už pouze udává popis tlačítka.

Tím sice dostaneme pole, jenž můžeme odeslat, ale ještě není prozatím vyřešeno kam. Tuto informaci udává atribut action. Pokud zasíláme formulář zpět serveru, ze kterého máme načtenou stránku, pak stačí zadat pouze umístění na serveru. Pokud by byla data odesílána jinam, je nutné doplnit i doménu serveru popřípadě IP adresu, pod kterou je server připojen do sítě. Dalším důležitým parametrem je „method“. Jedná se o výběr metody přenosu.

Pokud by byla použita metoda GET, pak by se znaky se speciálním významem kódovaly ve tvaru %xx. Znaky x jsou udávány v hexadecimálním čísle. Další úpravou je nahrazení všech mezer znakem: +. Dalším omezením je velikost dat na 512 Byte. Tyto úpravy by znamenaly provést úpravu při příjmu takovýchto dat.

Proto jsem využil metodu POST. Ta data nikterak nekomprimuje a odesílá ve tvaru, ve kterém byly zadány. Velikost dat odesílaných touto metodou není nikterak omezena. Data, která budou touto metodou odeslána, vypadají v podání webového prohlížeče Firefox/3.0.10:

```
POST /save HTTP/1.1
Host: 10.0.0.200
User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows; U; Windows NT 5.1; cs; rv:1.9.0.10)
Gecko/2009042316 Firefox/3.0.10
Accept: text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9,*/*;q=0.8
Accept-Language: cs,en-us;q=0.7,en;q=0.3
Accept-Encoding: gzip,deflate
Accept-Charset: windows-1250,utf-8;q=0.7,*;q=0.7
Keep-Alive: 300
Connection: keep-alive
Referer: http://10.0.0.200/webupload
Content-Type: multipart/form-data; boundary=-----187161971819895
Content-Length: délka těla v Bytech

-----187161971819895
Content-Disposition: form-data; name="zprava"

Námi zadaný kód stránky.

-----187161971819895--
```

Na prvním řádku je vidět metoda POST a komunikační protokol HTTP/1.1. Tyto data jsou považována jako povinná. Ostatní jsou chápána jako volitelná. Samotná data jsou uvozena mezi hranicemi udanými atributem boundary. Uvnitř těchto hranic se nachází i name="zprava", která nám říká, že jde o data z našeho formuláře.

Protože měřicí systém není schopen přijmout více IP datagramů nebo TCP segmentů, které by spojil do jediného datového toku, pak je třeba potřebná data pro

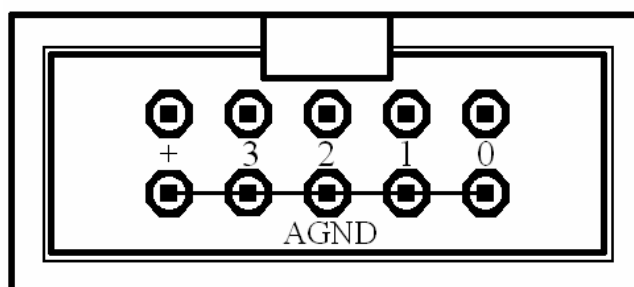
přenos minimalizovat. Příjímací buffer může sice přijmout 1000 Bytů, ale do této velikosti se počítají i komunikační protokoly. Tedy 22 Byte rámec Ethernetového protokolu, minimálně 20 Byte IP-protokolu a minimálně 20 Byte TCP-protokolu. Největší zátěží je ovšem protokol HTTP viz ukázka výše. Webové prohlížeče (Opera, Firefox, Internet Explorer, ...) přidávají velké množství volitelných atributů, čímž zabírají přenosovou kapacitu dat. Pro ušetření přenosové kapacity dat je v měřicím systému uložena část html kódu. Pro uložení tedy zbývá pouze část kódu, která se vkládá mezi tagy <body> a </body>.

Úprava webové stránky byla úspěšně vyzkoušena v prohlížečích Firefox 3. Ten spolu s hlavičkou dokáže přenést 278 znaků. Internet Explorer vytváří hlavičku mnohem delší, nežli příjímací buffer. Proto bude měřicí systém odpovídat chybou. Oba tyto prohlížeče odesílají hlavičku i data v jedné zprávě. Oproti nim Opera odesílá zvlášť hlavičku a zvlášť data, proto není schopen měřicí systém stránku uložit.

### 5.1 VKLÁDÁNÍ SPECIÁLNÍCH TAGŮ:

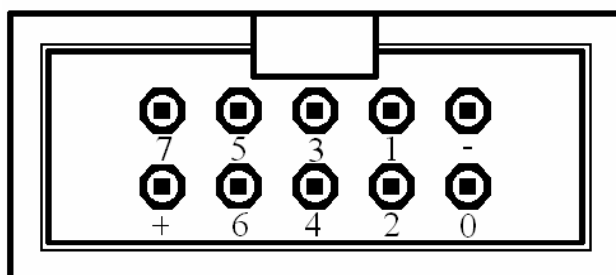
Cílem webové stránky, kterou má měřicí systém zobrazovat, je zobrazování vstupních analogových a digitálních hodnot. Umístění takovýchto hodnot je umožněno pomocí speciálních tagů určených pro tento měřicí systém.

Pro zobrazení měřených analogových hodnot se používá tag <iax>, kde x značí číslo kanálu. Jak už bylo řečeno, tak máme k dispozici 4 kanály. Číslo x nabývá hodnot 0-3 a je zobrazováno ve tvaru x,xxx. Očíslování kanálů na bráně AIN je zobrazeno viz Obrázek 8.



Obrázek 8: Brána analogových vstupních kanálů

Pro zobrazení digitálních hodnot na branách I/O 1 a I/O 2 se používají tagy <ibx> a <icx>, kde <ibx> značí kanály na bráně I/O 1 a <icx> značí kanály na bráně I/O 2. x v tomto případě nabývá hodnoty 0-7. Rozmístění kanálů na konektorech označených I/O 1 nebo 2 je vidět na obrázku 9.



**Obrázek 9: Vstupní brána digitálních dat**

## **5.2 CELKOVÝ PŘEHLED DĚNÍ NA BRANÁCH MĚŘICÍHO SYSTÉMU**

Pro celkový přehled analogových vstupu a výstupů je v měřicím systému uložena webová stránka, která zobrazuje aktuální hodnoty. Tato stránka je dosažitelná po zadání IP adresy měřicího systému a textu „/brany“.

Načte se webová stránka, která zobrazuje 2 brány I/O 1 (označována jako A) a I/O 2 (označována jako B). Pod nimi jsou vypsány aktuální hodnoty napětí na čtyřech kanálech přivedených k A/D převodníku. Celá stránka je po třech sekundách od prohlížeče opětovně vyžadována pomocí kódu umístěného v html kódu stránky:

```
<meta http-equiv="refresh" content="3;">
```

## 6. NASTAVENÍ ČASU V DS1302

Nastavení času při zapisování programu není příliš přesné a je to nevýhodné v případě, kdy nemáme připojeno záložní napájení (baterku). V tomto případě bychom museli po každém připojení k elektrickému proudu přehrávat program, což by bylo velmi nepraktické. Po zapnutí jsou vteřiny nastaveny navíc na hodnotu 80 a tím celé hodiny stojí. Proto je třeba upravovat čas jiným způsobem. V mikrokontroléru je tedy uložena webová stránka, která má za úkol získat požadovaný čas od uživatele, jež má možnost čas sám nastavit. Zaslání hodnot je opět řešeno pomocí formuláře:

```
<form action="/changetime" method="GET" id="stranka" enctype="multipart/form-data">
<table align="center" border="0">
<tr>
<td><b>den: </b><input type="text" name="xden" maxlength="2" ></td>
<td><b>mesic:</b><input type="text" name="xmesic" maxlength="2" ></td>
<td><b>rok</b><input type="text" name="xrok" maxlength="4" ></td>
</tr>
<tr>
<td><b>hodina:</b><input type="text" name="xhod" maxlength="2" ></td>
<td><b>minuta:</b><input type="text" name="xmin" maxlength="2" ></td>
<td><b>sekunda:</b><input type="text" name="xsec" maxlength="2" ></td>
</tr>
<tr align="center" border="0">
<input type="submit" value="Odeslat">
</tr>
</table>
</form>
```

Zde jsme pro změnu použili metodu GET, o které už byla zmínka. V předchozím případě jsme potřebovali přenést „větší“ množství dat. Nyní jde o přenos krátkých řetězců o maximální délce čtyř znaků. Pro identifikaci dat měřicím



systémum je atribut action označen jako /changetime. Kolonky pro zadání datumu a času jsou typu text. Jména jednotlivých vstupů z textových polí jsou pojmenována xden, smesic, xrok, xhod, xmin a xsec. Délka zapisovaného textového pole typu text se dá oproti typu textarea omezit (Mělo by jít omezit i textarea, ale jiným způsobem nežli atributem). K tomuto účelu slouží atribut maxlenght. Pokud budeme předpokládat, že měřicí modul je připojen na IP adresu 20.0.0.200, pak bude zasláno krom volitelných dat hlavně:

`http://20.0.0.200/changetime?xden=01&xmesic=&xrok=2009&xhod=01&xmin=01  
&xsec=01`

Z ukázky je vidět, že parametry jsou za znakem '?'. Protože parametrů máme víc, pak se oddělují znakem '&'. Každý parametr začíná svým jménem, které je uvedeno u každého vstupu ve formuláři. K tomuto jméno je rovnítkem přiřazena hodnota, která byla vyplněna přes webový prohlížeč. Pokud nebyla parametru žádná hodnota přiřazena, pak i přes to je odeslána název, ale za rovnítkem už není žádná hodnota a přímo se pokračuje dalším parametrem viz parametr xmesic.

Pro zadávání je nutné, aby byly zadány, mimo roku, 2 znaky. Je to maximální hodnota, které může každý časový údaj nabývat a měřicí modul při příjmu kontroluje, zda se jedná o číslice a pokud jsou v daném rozsahu. U roku se zadávají 4 znaky s podmínkou, že první dvě budou 2 a 0, neboť obvod pracuje pouze v rozpětí roků 2000 až 2099.

Pro kontrolu nastaveného času se po odeslání dat vrátí webová stránka, která zobrazí právě nastavený čas i s hodnotami, které změněny nebyly. Provedení kontroly bez změny webové stránky je možné zadáním adresy například:

`http://20.0.0.200/time`

## 7. UKLÁDÁNÍ DAT DO DATAFLASH

Před přístupem je třeba zkontrolovat paměť, zda není zaneprázdněna. K tomu slouží Status Register. Konkrétně se jedná o bit 7, kterým dataflash oznamuje, zda je či není zaneprázdněna. Pokud je tento bit roven logické 1, pak je zařízení připraveno přijmout další příkazy. Pokud je ale v logické 0, pak je zaneprázdněno a je třeba vyčkat.

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
RDY/BUSY	COMP	0	1	1	1	PROTECT	PAGE SIZE

**Tabulka 12: Status Register [11]**

Bohužel se mi nepodařilo s pamětí více komunikovat. Z návratového Bytu vždy vyplynulo, že je obvod zaneprázdněn. Pro zobrazení přijatého Byte byla vytvořena pouze jednoduchá stránka, která zobrazuje návratovou hodnotu 00011111. Tato stránka se dá zobrazit na /dataflash.

Pro komunikaci s tímto obvodem je v příloze na CD knihovna DataFlash.c a DataFlash.h, která vychází z komunikace s obvodem s větší kapacitou.

## 8. ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout měřicí systém pro měření analogových a digitálních hodnot napětí, s dálkovým přístupem k jeho sledování. Naměřené hodnoty mají být uživateli k dispozici na webové stránce, kterou si může sám vytvořit a vložit do modulu.

Celý modul je napájen 3V. Maximální měřené napětí je díky vstupnímu odporovému děliči napětí 5,12V. Celkem modul disponuje čtyřmi analogovými a šestnácti digitálními kanály. Komunikace měřicího systému s uživatelem probíhá pomocí TCP/IP protokolů. Konkrétně je využit IP a TCP. Připojení na síť je provedeno pomocí standardu Ethernet. Připojen je kroucenou dvojlinkou s konektorem RJ-45. Naměřené veličiny jsou zobrazeny formou webových stránek pomocí HTML kódu. Modul obsahuje kromě mikrokontroléru ještě dva integrované obvody. Obvod reálného času a dataflash. Paměť ale hlásí stav momentální zaměstnanosti, proto jí nebylo možno žádná data odeslat. Obvod reálného času měl sloužit hlavně pro lepší orientaci dat ukládaných jako historie do dataflashe. Komunikace i práce s tímto obvodem probíhá v pořádku. Jeho nastavení se dá zobrazit pomocí webového prohlížeče na lokálním umístění /webtimeup. Pro kontrolu slouží, po sedmi sekundách refrešovaná stránka s umístěním na /time. Pro kompletní zobrazení všech vstupních kanálů slouží stránka umístěná na /brany.

Do modulu je možno uložit kód HTML webové stránky, který je umístěn mezi tagy <body> a </body>. Zbytek stránky je ukotven pevně v programu z důvodu šetření přenosové kapacity. Uložení stránky je vyzkoušeno v prohlížeči Firefox/3.0.10 Gecko/2009042316, pomocí kterého je možno uložit 278 znaků. Opera odesílá data a hlavičku odděleně, což implementovaný algoritmus neumožňuje. U prohlížeče Internet Explorer 7 záleží na verzi a na velikosti hlavičky, kterou společně s daty odesílá. Před automatickou aktualizací šla data uložit i pomocí tohoto prohlížeče. S aktualizací na verzi 7.0.5730.13 již byla hlavička příliš velká a už se k ní do jednoho rámce nevešla. Tato aktualizace se dá provést načtením formuláře na lokálním umístění /webupload. Samotná nová stránka je uložena na /newpage.

Protože se nepodařilo zprovoznit dataflash, stránka zůstane uložena jen po dobu napájení modulu, ale i přesto se dá využít pro měření požadovaných hodnot vstupních kanálů. Mimo ukládání webové stránky jsem úspěšně vyzkoušel ostatní funkce ve třech jmenovaných webových prohlížečích. Při měření digitální hodnoty na kanálech je třeba mít připojenu jednu z logických hodnot. Je to z důvodu rušení, které by se dalo odstranit připojením odporu mezi kanálem a zemí. Tím by v případě odpojení kanálu nedocházelo k náhodné indikaci logické 1 nebo 0.

Měřicí systém je vhodný pro měření na dálku v místech, kde je možnost připojení do Ethernetové sítě. Výhodou je množství vstupů, které je možno monitorovat. Pro zobrazení dat není třeba speciálního software, ale stačí běžně používané webové prohlížeče.

## 9. LITERATURA

- [1] DOSTÁLEK, L.; KABELOVÁ, A. *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. Vyd. Praha: Computer Press, 2000 [cit. 2008-11-15]. s. 1-234. ISBN 80-7226-323-4
- [2] SOCHER, GUIDO. *HTTP/TCP with an atmega88 microcontroller (AVR web server)*, [online]. c2009 [cit. 2008-11-08]. verze 2.56. poslední revize 27.03.2009. Dostupné z:  
<<http://tuxgraphics.org/electronics/200611/embedded-webserver.shtml>>
- [3] SOCHER, GUIDO. *An AVR microcontroller based Ethernet device* [online]. c2008 [cit. 2008-11-08]. verze 2.55. poslední revize 03.08.2008. Dostupné z:  
<<http://tuxgraphics.org/electronics/200606/article06061.shtml>>
- [4] SOCHER, GUIDO. *eth\_rem\_dev\_tcp-2.15* [program pro ATmega88]. Ver. 2.15. poslední verze 2.17. Dostupné z:  
<<http://tuxgraphics.org/common/src2/article06111/>>
- [5] Maxim Integrated Products. *DS1302 Trickle-Charge Timekeeping Chip* [datasheet online]. c2008 [cit. 2008-11-08]. REV: 120208 Dostupné z  
<<http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS1302.pdf>>
- [6] Microchip Technology Inc. *Ethernet Controller ENC28J60* [datasheet online]. c2006 [cit. 2008-11-18]. Dostupné z  
<<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en022889>>
- [7] Atmel Corporation. *ATmega64* [datasheet online]. c2008 [cit. 2008-11-02]. Rev 05/2008. Dostupné z  
<[http://www.atmel.com/dyn/products/product\\_card.asp?part\\_id=2018](http://www.atmel.com/dyn/products/product_card.asp?part_id=2018)>
- [8] SPI [online]. 2009 [cit. 2009-11-03]. Dostupné z  
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/SPI>>
- [9] HTTP protokol - požadavky a odpovědi [online]. [cit. 2009-12-03] Dostupné z <<http://http.stylove.com/>>

- [10] JANOVSKEÝ, DUŠAN. [online]. [cit. 2009-04-11]  
<[www.jakpsatweb.cz](http://www.jakpsatweb.cz)>
- [11] Atmel Corporation. AT45DB041D [datasheet online]. c2007  
[cit. 2008-11-30]. Rev 03/2007. Dostupné z  
<[http://www.atmel.com/dyn/products/product\\_card.asp?part\\_id=3806](http://www.atmel.com/dyn/products/product_card.asp?part_id=3806)>

## 10. SEZNAM ZKRATEK

A/D	-Analog/Digital
ARP	-Address Resolution Protocol
DNS	-Domain Name Systém
DPS	-deska s plošnými spoji
EEPROM	-Electrically Erasable Programmable rRead Only Memory
FDDI	-Fiber Distributed Data Interface
HTML	-HyperText Markup Language
HTTP	-HyperText Transfer Protocol
ICMP	-Internet Control Message Protocol
IEEE	-Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	-Internet Protocol
LED	-Light Emitting Diode
LSB	-Least Significant Bit
MAC	-Media Access Control
MSB	-Most Significant Bit
PC	-Personal Computer
PWM	-Pulse Width Modulation
RAM	-Random Access Memory
RISC	-Reduced Instruction Set Computer
SPI	-Seriál Peripheral Interface
SRAM	-Static Random Access Memory
STP	-Shielded Twisted Pair
TCP	-Transmission Control Protocol
TTL	-Time To Live
UART	-Universal Asynchronous Receiver Transmitter
uP	-mikrokontrolér
UTP	-Unshielded Twisted Pair

## 11. SEZNAM PŘÍLOH

A	Seznam použitých součástek 1.....	49
B	Seznam použitých součástek 2.....	50
C	Schéma zapojení měřicího systému.....	51
D	Deska plošných spojů ze strany součástek (TOP).....	52
E	Deska plošných spojů ze spodní strany (BOTTOM).....	52
F	Osazovací plán desky plošných spojů.....	53
G	Elektronická příloha na CD	



## 12. PŘÍLOHY

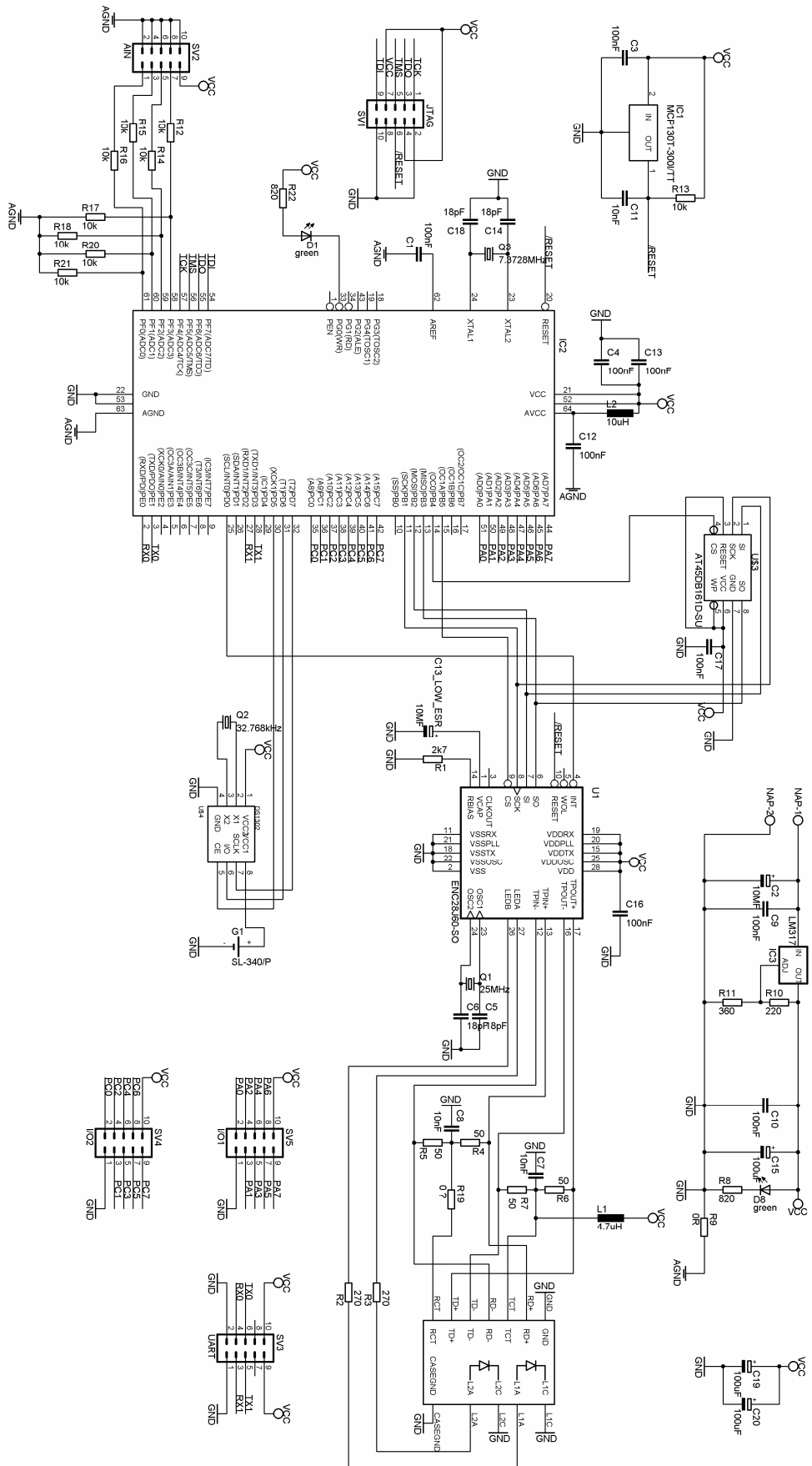
### A: Seznam použitých součástek 1

Součástka	Hodnota	Pouzdro
C1	100nF	C0805
C2	10MF	E3,5-10
C3	100nF	C0805
C4	100nF	C0805
C5	18pF	C0805
C6	18pF	C0805
C7	10nF	C0805
C8	10nF	C0805
C9	100nF	C0805
C10	100nF	C0805
C11	10nF	C0805
C12	100nF	C0805
C13	100nF	C0805
C13_LOW_ESR	10MF	E2,5-5
C14	18pF	C0805
C15	100uF	E3,5-10
C16	100nF	C0805
C17	100nF	C0805
C18	18pF	C0805
C19	100uF	CT7343
C20	100uF	CT7343
D1	green	CHIPLED_1206
D8	green	CHIPLED_1206
G1	SL-340/P	BEL/P
IC1	MCP130T-300/TT	SOT23
IC2	MEGA64-A	TQFP64
IC3	LM317	317TS
L1	4.7uH	0207/10
L2	10uH	0204/5
NAP		W237-102

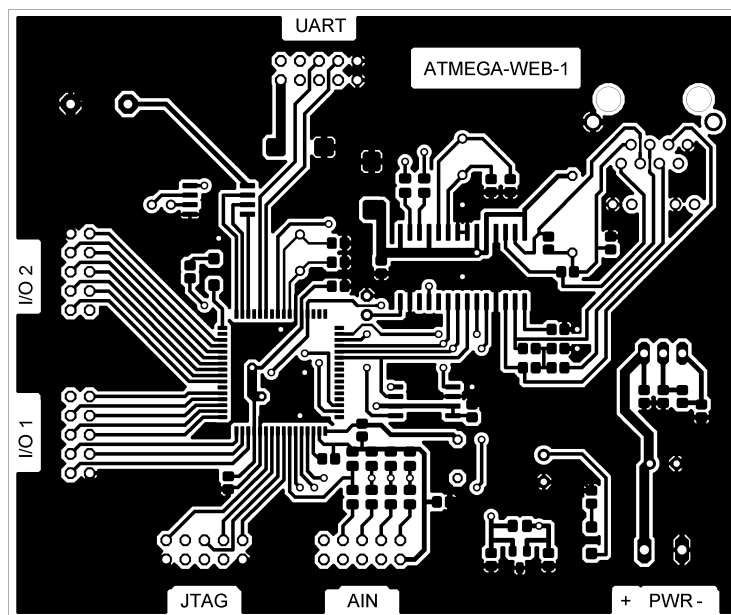
## B: Seznam použitých součástek 2

Q1	25MHz	HC49U-V
Q2	32.768kHz	TC38H
Q3	16MHz	HC49/S
R1	2k7	R0805
R2	270	M2012
R3	270	M2012
R4	50	R0805
R5	50	R0805
R6	50	R0805
R7	50	R0805
R8	820	R0805
R9	0R	R0805
R10	220	R0805
R11	360	R0805
R12	10k	M0805
R13	10k	M0805
R14	10k	M0805
R15	10k	M0805
R16	10k	M0805
R17	10k	M0805
R18	10k	M0805
R19	-	-
R20	10k	M0805
R21	10k	M0805
R22	820	R0805
SV1		ML10
SV2		ML10
SV3		ML10
SV4		ML10
SV5		ML10
U\$3	AT45DB161D-SU	SOL8
U\$4	DS1302	SOL8
U\$6	MagJack SI-50170	1XRJ45_MM_JACK
U1	ENC28J60-SO	SO28W

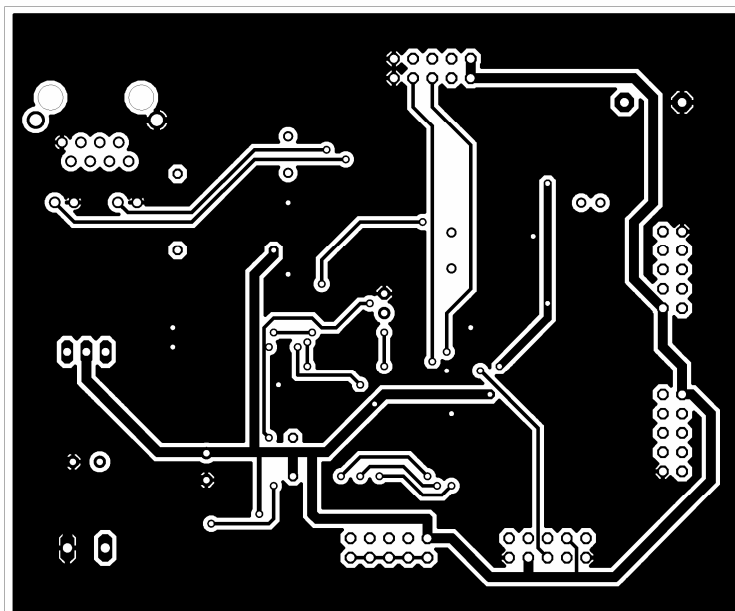
## C: Schéma zapojení měřicího systému



**D: Deska plošných spojů ze strany součástek (TOP)**



**E: Deska plošných spojů ze spodní strany(BOTTOM)**



## F: Osazovací plán desky plošných spojů

